

Introdução

A isolação das partes ativas e passivas de dispositivos eletrônicos é uma das partes críticas na fabricação de circuitos integrados. Os CIs CMOS atuais integram milhões de dispositivos ativos (NMOS e PMOS), lado a lado, num mesmo substrato de Si, com cada um desses dispositivos compreendendo circuitos complexos que executam funções lógicas ou analógicas específicas. Esses dispositivos devem ser isolados eletricamente um do outro para que não ocorra a interação de um dispositivo com o outro, exceto através das suas vias de interconexão. A técnica de isolação mais usada para este propósito é a técnica de isolação LOCOS (**LOC**al **O**xidation of **S**ilicon) que consiste na realização do processo de oxidação localizada do substrato de Silício. No entanto ao se realizar este processo pode ocorrer uma oxidação lateral por baixo de suas bordas, o que diminui a porção de área ativa e interfere nas características elétricas dos dispositivos. Essa oxidação lateral é chamada de efeito “bico de pássaro” (*bird's beak*) e é a principal limitação da técnica LOCOS. Para o desenvolvimento desta técnica foi realizado um estudo da obtenção das camadas de isolação (Si/ SiO₂/ Si₃N₄/ SiO₂), visando a sua aplicação em pesquisas de fabricação de integrados MOS e CMOS em andamento no CCS, UNICAMP. Foram utilizados nestes estudos óxido de silício (SiO₂) térmico e nitreto de silício (Si₃N₄), depositados no LPCVD, variando parâmetros de tempo de oxidação.

Metodologia

A Figura 1 ilustra os principais processos químicos e físicos realizados no projeto.

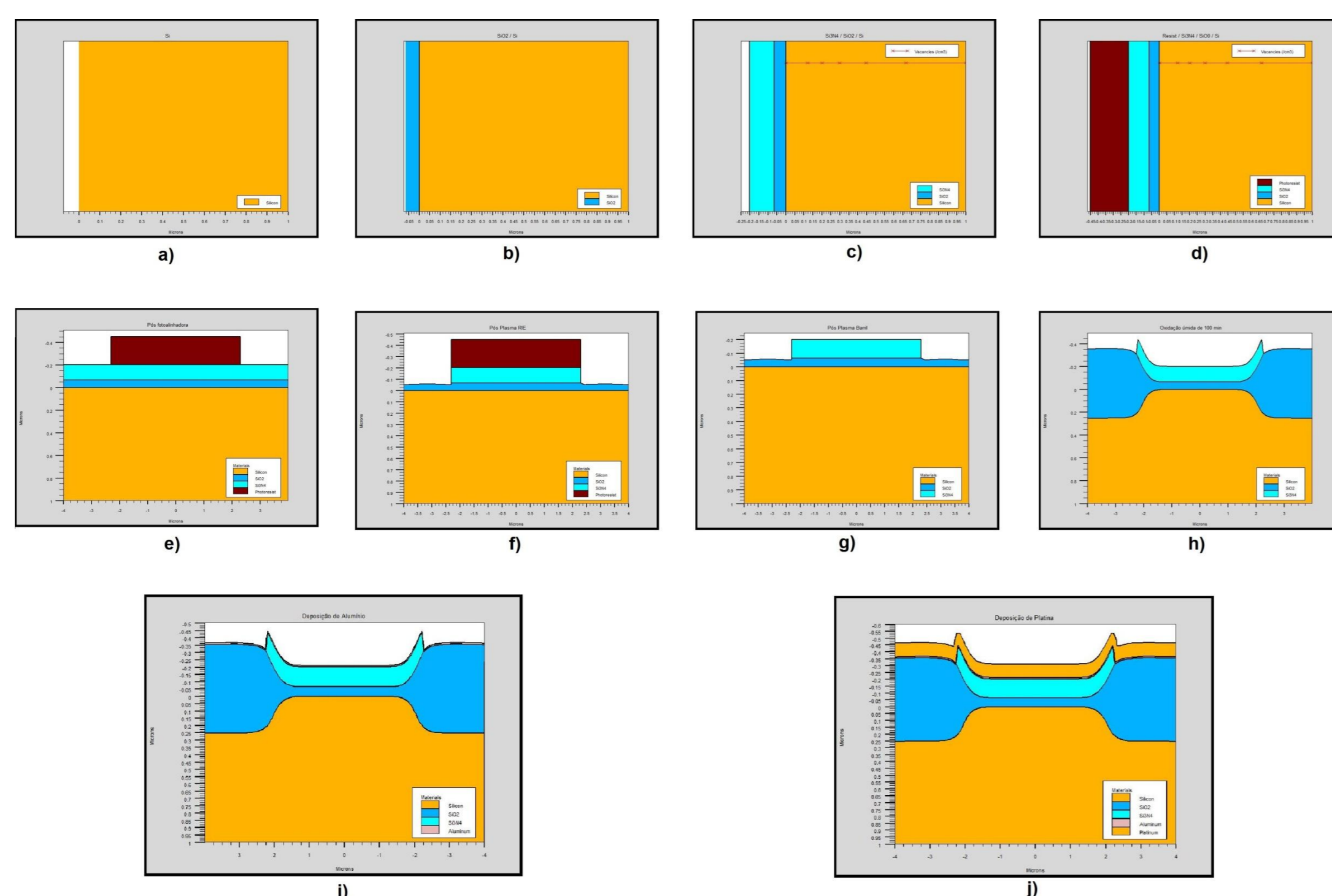


Figura 1 – Sequência de processo para obtenção de estruturas LOCOS : (a) Limpeza RCA da lâmina de silício; (b) deposição de óxido “almofada” crescido no forno; (c) deposição de nitreto por LPCVD; (d) aplicação de fotoresista; (e) fotografação do padrão da máscara e revelação do fotoresista; (f) corrosão do nitreto por plasma RIE; (g) remoção do fotoresista por plasma barril; (h) oxidação úmida de campo, variando o tempo de oxidação de cada amostra ; (i) deposição de alumínio, (j) deposição da platina. Em alguns processos foram utilizadas amostras testes para verificação de alguns outros resultados específicos.

As camadas formadas foram caracterizadas por elipsometria (espessura e índices de refração), por perfilometria (espessura), por espectrometria de absorção do infra-vermelho (FTIR), espectroscopia micro-Raman (tensão residual dos filmes) e espectroscopia de raios X por dispersão de energia (EDS). Além disso, as estruturas Si₃N₄/SiO₂/Si (formadas para tecnologia LOCOS) foram analisadas por microscopia óptica (análise da superfície) e por microscopia eletrônica de varredura (com o FIB), no qual foi medido o comprimento do “*bird's beak*” nas estruturas LOCOS em cortes transversais.

Resultados e Discussão

Os resultados das principais caracterizações são: a) Figura 2 e 3 características do Si₃N₄, quanto aos índices de refração e espessuras, obtidas por elipsometria e perfilometria; b) Figura 4 e 5, o espectro FTIR e medidas EDS das amostras com Si₃N₄ sobre o SiO₂, mostrando as formações químicas e composição química das camadas formadas. Na Figura 6 são ilustradas os bicos de pássaros formados nas amostras com diferentes tempos de oxidação úmida e na Tabela 1, listadas o comprimento da oxidação lateral, isto é, do *bird's beak*, obtidos utilizando o FIB.

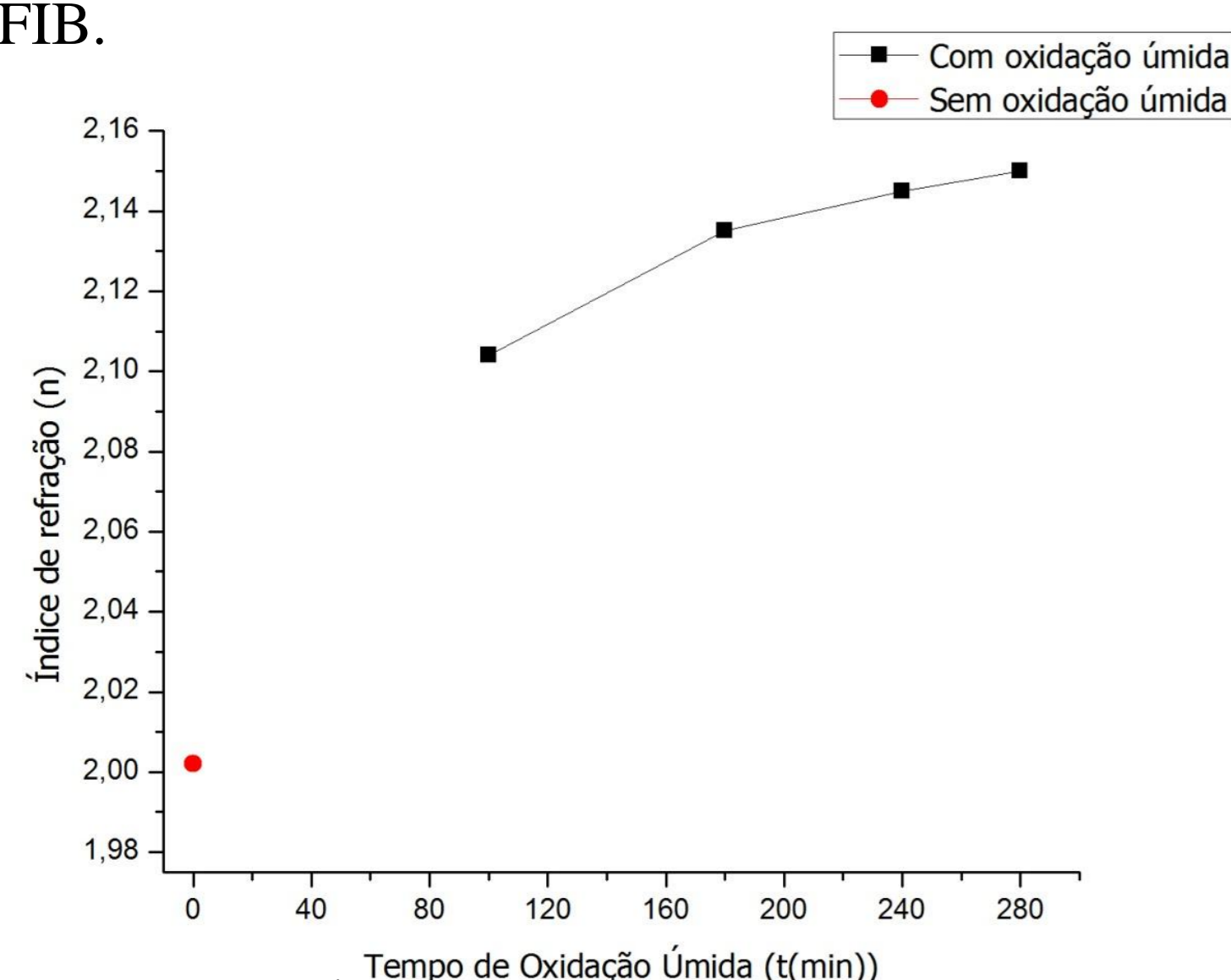


Figura 2 - Índice de refração do nitreto de silício versus tempo de oxidação úmida.

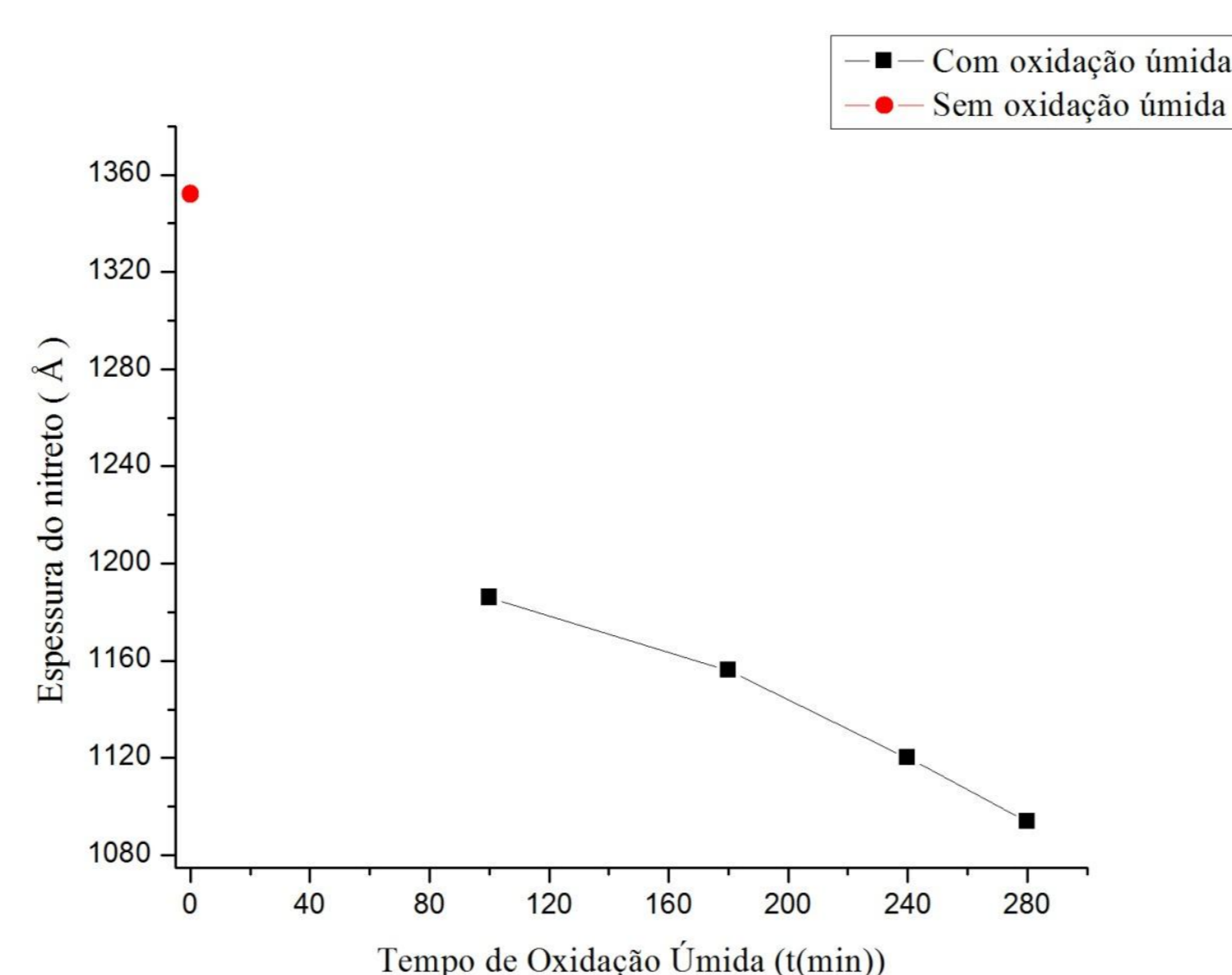


Figura 3 - Espessura do nitreto de silício versus tempo de oxidação úmida.

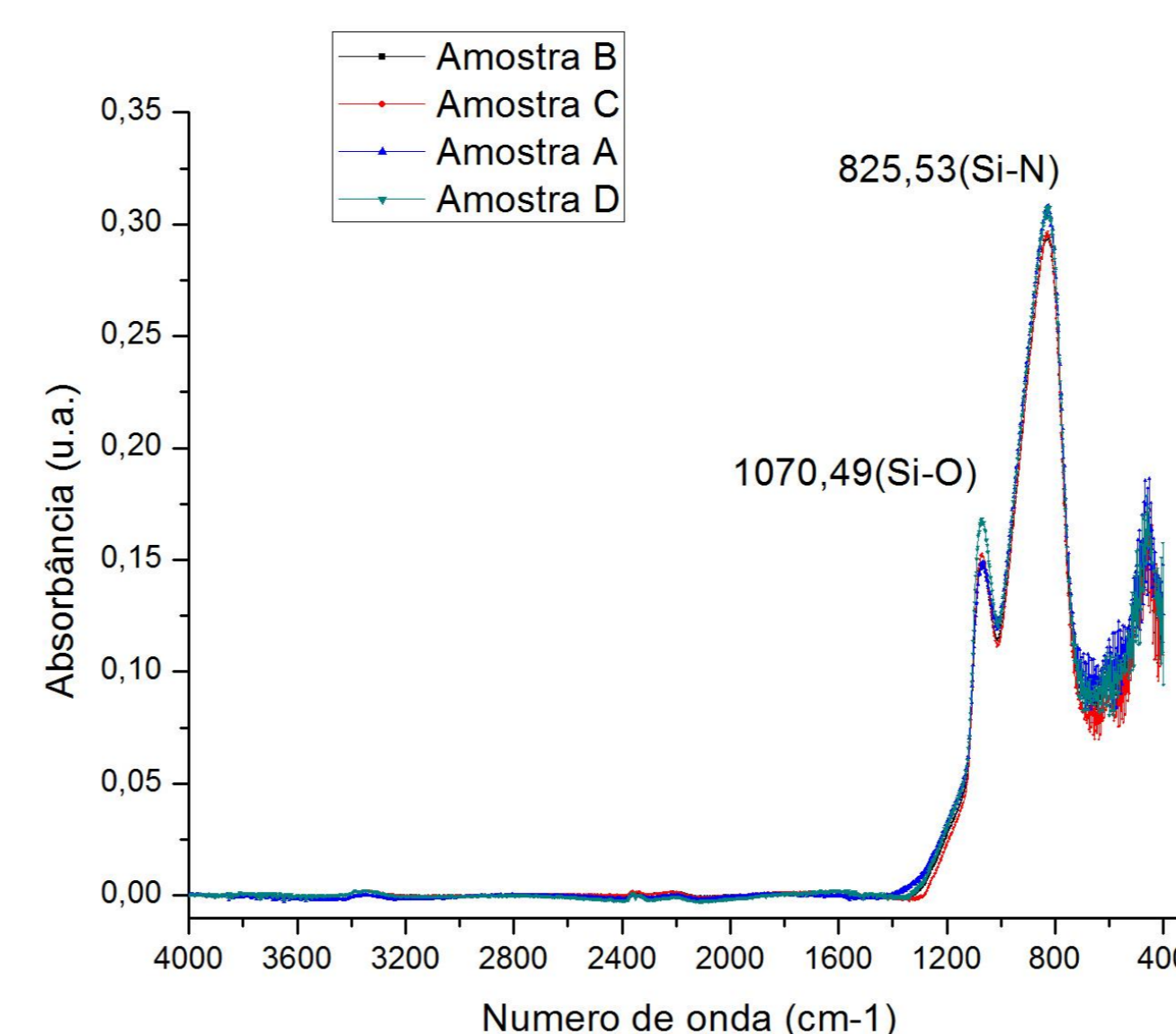


Figura 4 - Espectro de infra-vermelho de amostras teste com Si₃N₄ sobre SiO₂pad

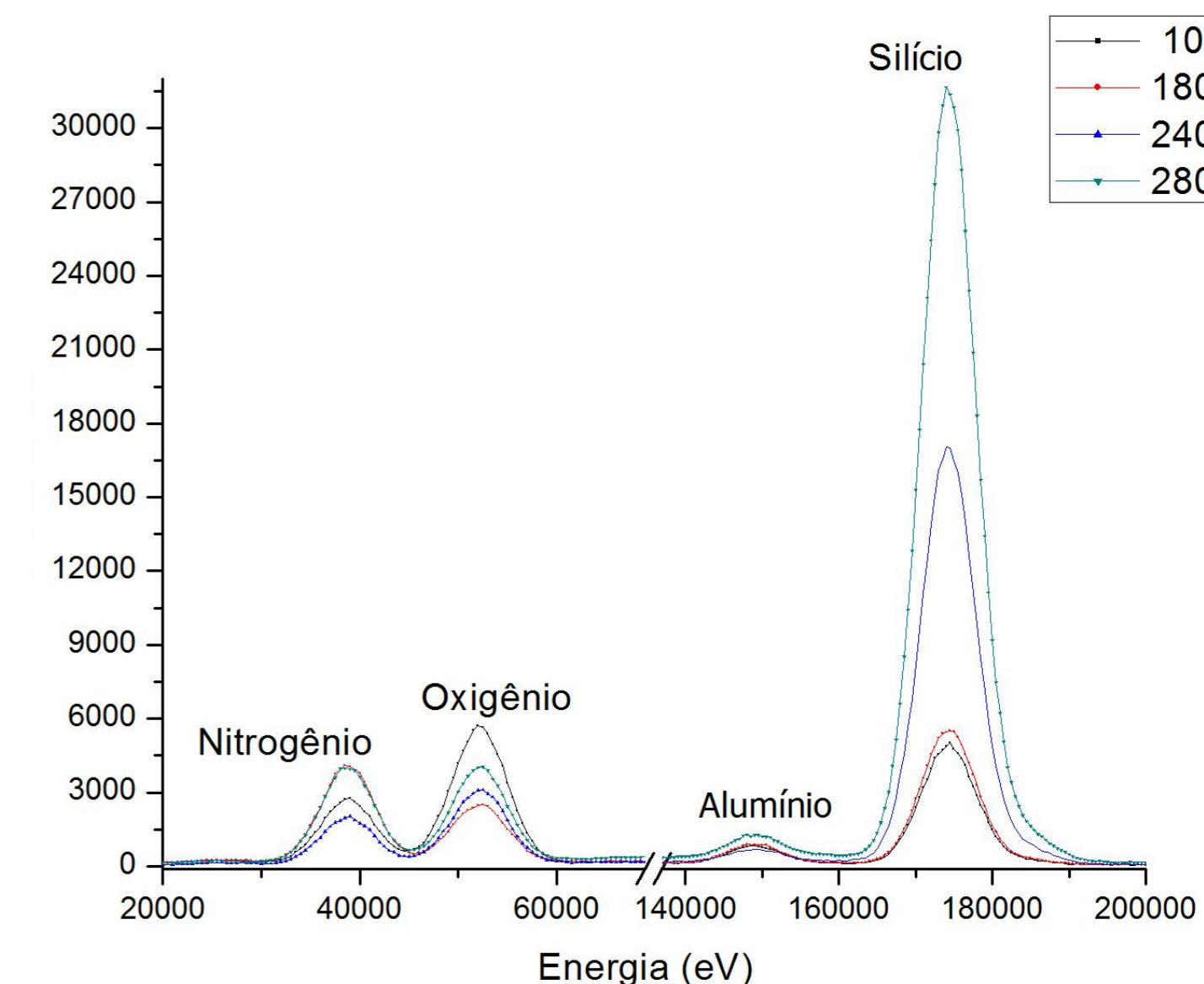
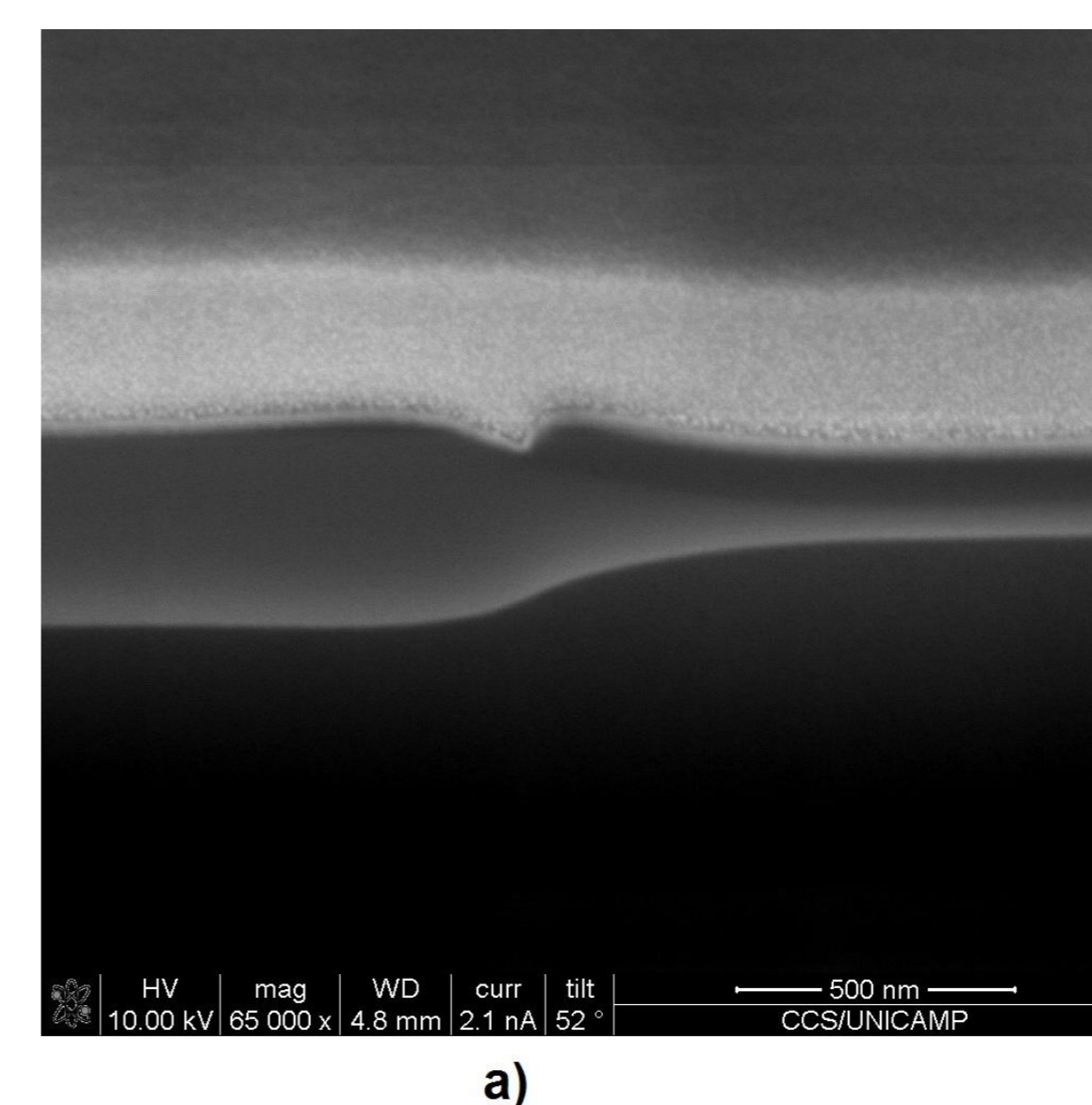
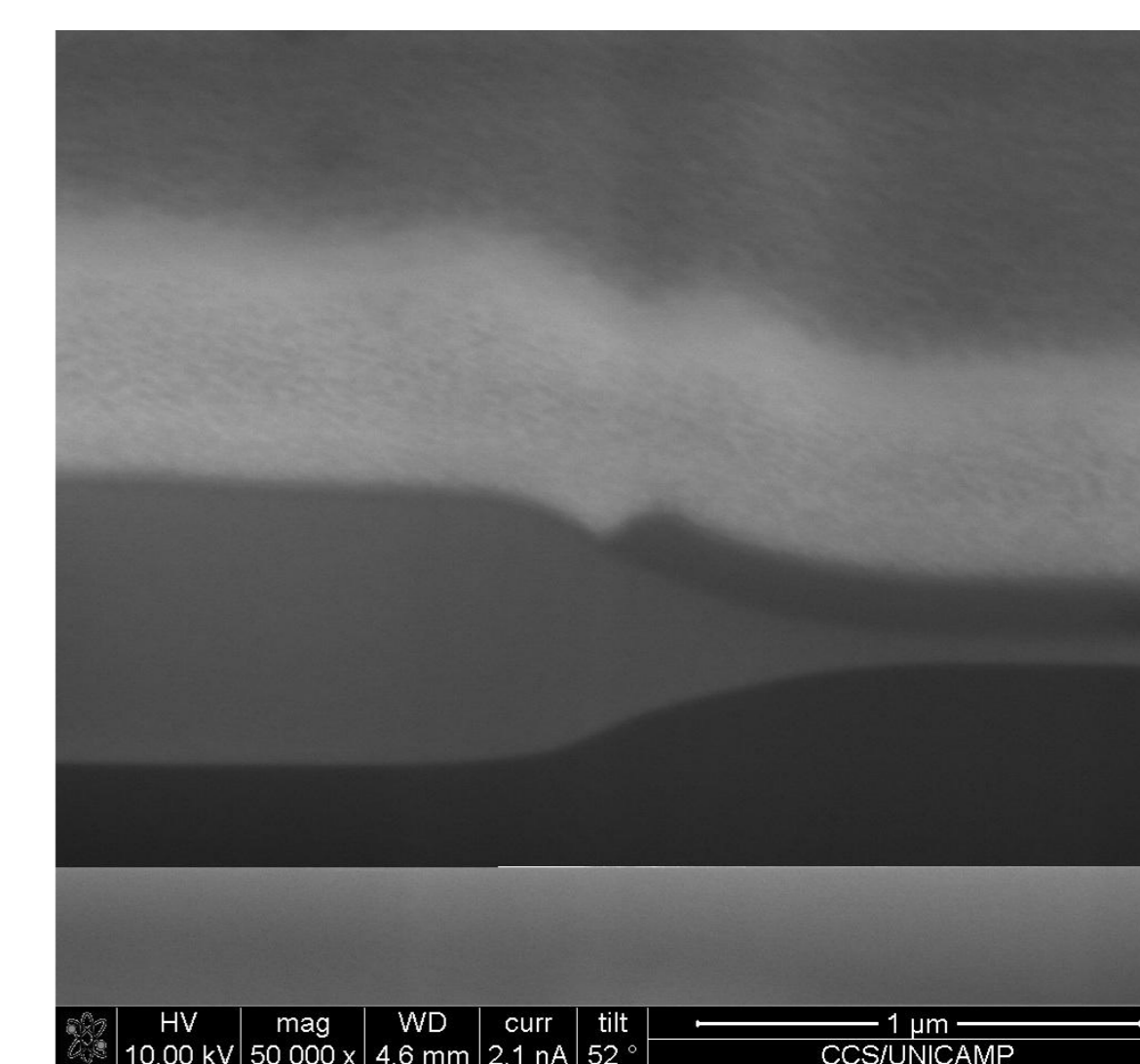


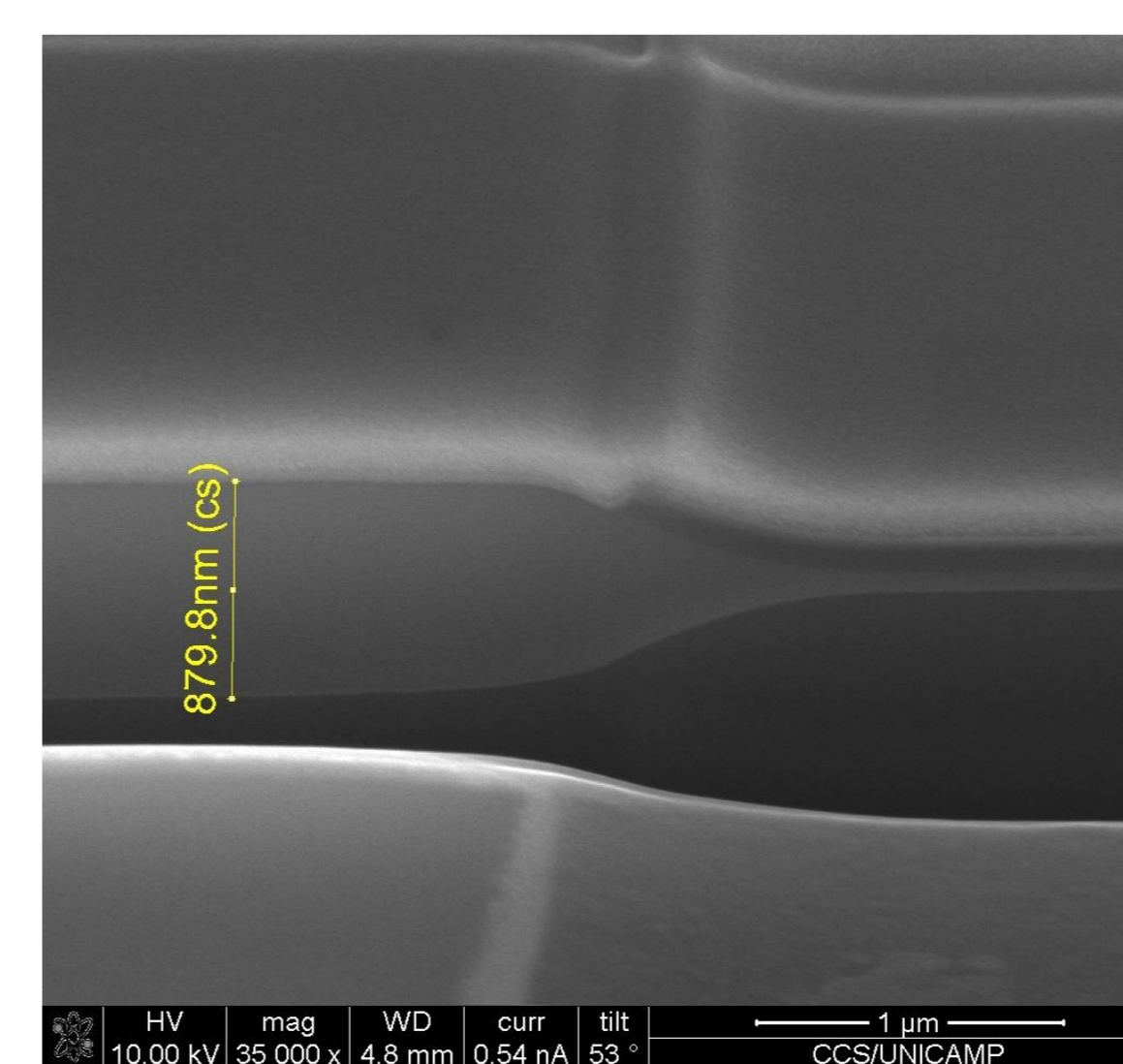
Figura 5 - EDS da região com Si₃N₄ sobre SiO₂pad após deposição de nitreto



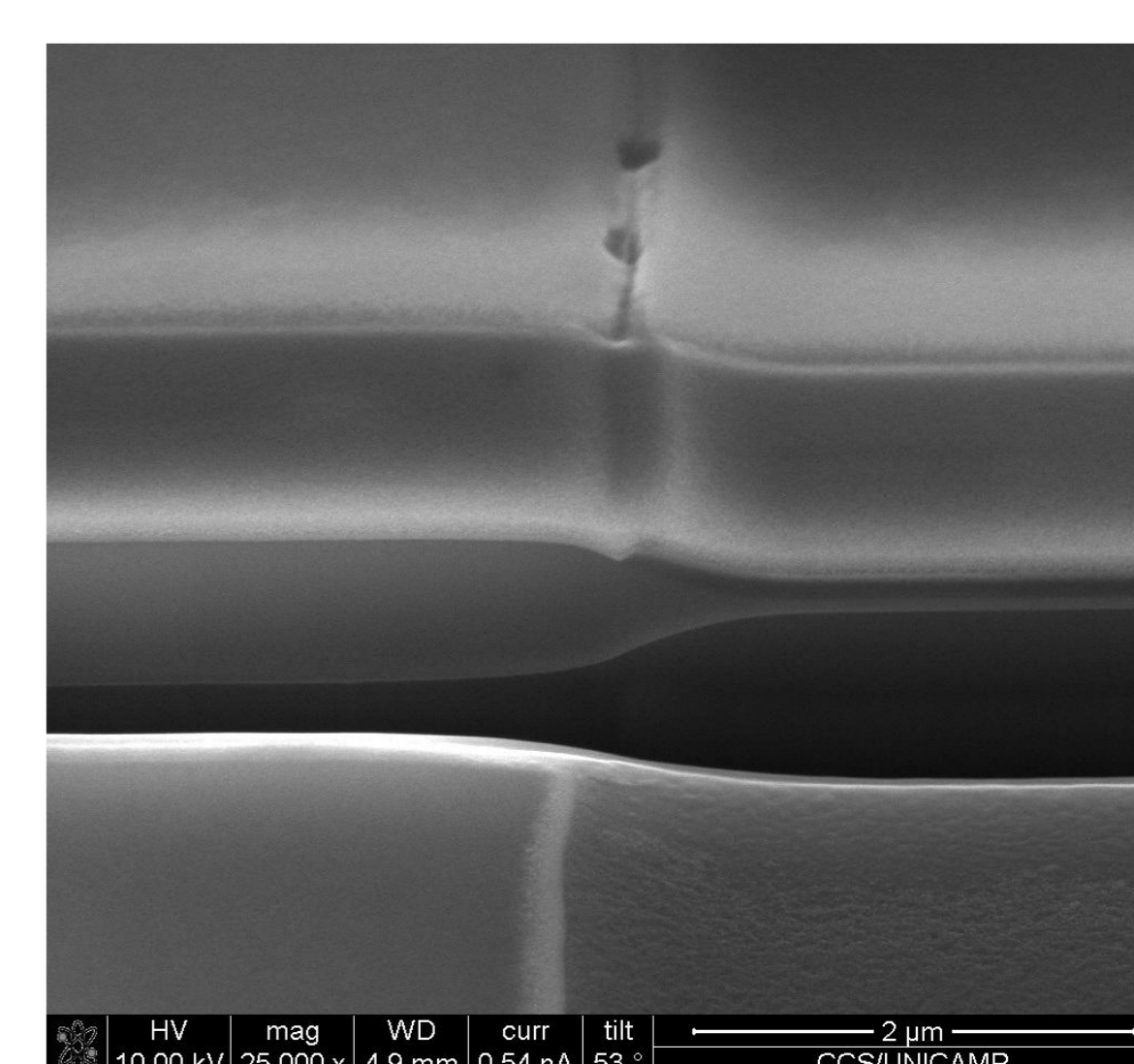
a)



b)



c)



d)

Figura 6 – Imagens de bico de pássaro, obtido com o FIB, das amostras com diferentes tempo de oxidação úmida, (a) 100 minutos, (b) 180 minutos, (c) 240 minutos, (d) 280 minutos.

Tabela 1- Comprimento do bico de pássaro (Δl) para amostras com os diferentes tempo de oxidação úmida.

Amostra:	Tempo na Oxidação úmida (min)	Δl (nm)
Amostra de 3 polegadas	100 min	811,00
	180 min	1142,00
	240 min	1267,00
	280 min	1390,00

Conclusão

No que diz respeito a formação de estruturas, foi possível observar a qualidade do nitreto e óxido de silício utilizando elipsometria, microscopia Raman, FTIR e EDS. O nitreto de silício utilizado, depositado por LPCVD, apresentou uma baixa taxa de oxidação e muito pouco stress. Quando expostos na oxidação úmida foi observado que o índice de refração aumenta com o aumento do tempo de oxidação, provavelmente devido a densificação. Essa densificação faz com que a espessura do Si₃N₄ diminua com o tempo de oxidação úmida. Algumas medidas de espessuras das estruturas, ficaram distantes das previamente especificadas, reforçando de que é preciso ter atenção nas espessuras das estruturas depositadas no LPCVD e crescidas nos fornos, visto não serem extremamente precisas. Utilizando microscopia eletrônica de varredura, com o FIB foi verificado que o comprimento do *bird's beak* aumenta com o tempo de oxidação úmida, que variaram de 811 a 1390 nm.